5. 衛星放送家庭用受信機の現状

正会員 仁 尾 浩 一[†],星 野 紀 甫[†]

1. ま え が き

12 GHz 帯での低価格な低雑音受信機の開発が望まれて以来 10 年が経過したが、この間の半導体素子を初めとするマイクロ波技術の進歩は著しい。特に、低雑音受信の心臓ともいえるべき GaAs FET の発達はすばらしく、雑音特性のみならず価格面においても家庭用受信機として使用が充分可能となっている。実際、現在市販されている家庭用受信機には、この FET を用いた低雑音前置増幅器が組み込まれており、その特性も 70 cm 前後のパラボラアンテナで良好な受信ができる低雑音性を有している。

ところで、衛星放送を受信技術の立場で見たとき、

- (1) 降雨による受信電力の減衰が無視できない
- (2) 映像が FM、音声デジタル伝送される
- (3) 地上放送用受信設備との整合が必要
- (4) 今後の新サービスへの拡張性の確保

など、従来の VHF や UHF 帯でのテレビ放送では経験しない新しい特長が多く、家庭用受信機の機能や性能は、高感度、高品質に加えて上記の技術的特長を充分考慮したものでなくてはならない。一般に家庭用受信機は、性能に重きを置いた高級機から低価格性を実現した普及機まで幅広い製品が市販されており、こうした幅の広さは製品の品質向上と放送の普及を促進しているのも事実である。衛星放送用受信機も、家電機器としての自由度を有していて画一的に性能や機能を規定することは困難であろう。しかし、その反面、受信機の多様な使用状況を考え、また衛星放送の普及促進と将来の発展を考えると、最小限の規定されるべき性能項目もある。

本稿では、BS-2 システムを例にとり衛星放送を受

信サイドから眺めてその特長を述べるとともに、特に重要な性能項目についての技術的背景と、市販受信機の現状について紹介する。なお、受信機を構成する回路技術については、平田らによる紹介¹⁾があるので参考にされたい。

2. 衛星放送用受信機の性能

2.1 受信品質と受信設備

テレビジョンの衛星放送では受信品質として、5 段階画像評価での評価 4 以上（専門家による）を目標にしている。図 1 は受信端における CN 比と受信品質との関係を示したもので、上記品質を維持するためには CN 比は 14 dB 以上が必要になる。図では受信電力が低下して CN 比が 9 dB 以下になると画質が急激に劣化することが示され、FM 伝送方式の特長があらわれている。

CN 比は、衛星送信電力、送信アンテナ利得などの送信条件と地上受信設備の性能によって決まるほか、降雨による伝搬特性減衰の影響を受ける。図 2 は、全国平均に近い東京地域での降雨減衰と最悪月時間率との関係を示したものである²⁾。所定の受信品質が維持

図 1 CN 比と受信画質

[†] NHK 放送技術研究所

"5. Present Status of Home-Receivers for Satellite Broadcasting"
by Koichi Nio and Norio Hoshino (NHK Science and Technical
Research Laboratories, Tokyo)

図 2 推定降雨減衰値

できる時間率が大きい方が望ましいが、受信設備の負担も考慮して衛星放送では 99% の時間率を目標にしている。したがって、全国平均でみた降雨減衰量としては 2 dB を見込んでおく必要があることになる。なお、図 1、図 2 から降雨減衰が大きくなり受信画質が評価 2 以下に低下する場合もあることがわかる。その発生時間率は極めて小さいものの、従来の地上放送にはない新しい経験といえる。

BS-2 での送信アンテナ利得 G_T の分布は本小特集第 1 章の図 2 に示されている。

また、図 3 は、CN 比 14 dB を得るのに必要な受信機雑音指数 NF と受信パラボラアンテナの直径との関係を示したものである。衛星放送システム検討に際しては多くの場合、受信アンテナの効率 η を 55% としている。最近ではオフセット方式の採用などにより 65% 前後の効率が得られており、NF の進歩もあって、図のように送信ビームの中心付近では 60 cm、本州の大部分の地域で 75 cm 程度の直径で良いといえる。

2.2 受信機の性能

家庭用として望ましい受信機の定格、性能および、その試験方法についての総合的な調査研究が行われた^{3)~5)}。調査結果は、“目標定格”、“望ましい性能”としてまとめられていて必ずしも市販受信機を規制するものではないが、高性能化と量産性との整合をはかりつつ家庭用としての望ましい形態を求めたもので、受信機的设计開発に大きな指針を与えている。詳細は同報告書を参照して頂くとして、特に重要な 2 点について説明する。

(1) 干渉に対する配慮

干渉に関して特に重要なのは第 1、第 2 両中間周波数の選定である。特に第 1 中間周波数については、そ

図 3 BS-2 で CN 比 14 dB (最悪月 99%) を得るに必要なアンテナ直径

の局部発振の漏れ電力がアンテナから放射されて他の通信に妨害を与える恐れがある。このため、電波管理上の立場から昭和 56 年度の電波技術審議会において局部発振周波数が検討され、電波天文等の宇宙業務や FPU 業務に割り当てられている周波数帯を避けて、10.678 GHz (許容偏差は +2 MHz, -3 MHz) が答申されている。この結果、第 1 中間周波数は 1~1.3 GHz と比較的高い値となる。

第 2 中間周波数は、その局部発振の漏れ電力が直接空中に放射されないため比較的自由に選べる。通常は、大電力送信局に割り当てられている周波数を避けて 130 MHz や 400 MHz が用いられる。個別受信用受信機であっても、ホーム共聴など 1 台の BS コンバーターに複数の BS チューナーを接続する場合があり、その場合、第 2 局部発振の漏れ電力が相手方のチューナーに混入し干渉を生じる恐れがある。

第 2 中間周波数として 134.26 MHz または 402.78 MHz が選ばれているのも、こうした干渉を避けるためであって、第 2 局部発振周波数がチャンネルとチャンネルの中間にくるような周波数関係になっている。

(2) 互換性に対する配慮

衛星放送受信機を構成する各ユニットは必ずしも同一メーカーで一貫して製造販売されるとは限らない。各ユニット間の互換性を確保しておくことは、製造上のみならず使用上からも重要である。前述の定格、性能においては受信機を、1 次放射器を含めたアンテナ

図4 BSコンバーター入力からBSチューナー入力までの信号レベルダイアグラム

部、BSコンバーター、中間接続ケーブルおよびBSチューナーの4ユニットに分け、その各々の分割点において電氣的・機械的接続条件が明確にされている。

図4は、各接続点での高周波信号受け渡しレベルを示したもので、BSコンバーター入力端においては将来の送信電力増加や受信アンテナ利得増加を見込んで ± 10 dBのダイナミックレンジを確保してある。また、コンバーター利得は8チャンネル同時受信時の混変調を考慮して定められている。コンバーターとチューナー間の接続ケーブル長は、日本家屋の大きさ等を考慮して10、20、30 mの3種類の長さを標準とし、チューナー入力レベルは最小受信レベルにおいても充分な受信品質が得られる値となっている。

3. 受信方法

衛星放送の受信には、天空が見通せる場所を選び、パラボラアンテナを正しく衛星位置に向けて設置する必要がある。この時、強風時には高い風圧を受けるため地面や建造物に牢固に取り付ける必要があり、設置状態に応じた工事方法が定められている⁶⁾。

個別受信の場合は、BSチューナーの出力を既存の地上放送用受像機の入力端子(AV形テレビではビデオ入力端子、RF入力のみの受像機ではUHF帯第13チャンネル)に接続すれば良い。アパートなどの集合住宅や共同受信の場合、既設の共聴設備に衛星放送の受信波を導入する必要がある。1 GHzの第1中間周波数をそのまま重畳できれば良いが、多くの場合既設設備は地上放送を対象としており、伝送可能な周波数はVHFまたはUHF帯である。このため、衛星受信信号を地上放送と同じAM波に再変調し、その地域

の空きチャンネルを使って分配する方法が考えられている。比較的適用範囲が広く、また受信者の負担は少ないが、衛星放送の高画質性やPCM音声伝送の特長は失われる。今後建設されるビル共聴などでは、1 GHz帯伝送が可能な設備を導入することが望まれる。

4. 市販受信機の現状

衛星放送受信機は、受信アンテナ、BSコンバーター、BSチューナーから構成され、現在国内の家電および共聴メーカー十数社から一般に市販されている。これらの受信機は、2節で述べた定格および性能に沿って設計されている。

また、BS-IF帯伝送およびUHF(FM)伝送の共同受信システムに使用する共聴用機器も衛星放送CATV技術調査会で検討された性能⁷⁾をもとに製作され、共聴機器メーカーから市販されている。

ここでは、市販されている受信機および共聴機器の主な点について概説する。

4.1 受信機

各メーカーのBSコンバーターとBSチューナーは、定格で電気および機械的な互換性がとられているため、ユーザー側で自由に組み合わせができる。

BSチューナーには、映像および音声アナログ信号(最低、ステレオ用2端子)の出力端子とRF-AM再変調器出力端子があるため、AV形テレビまたは、RF端子のみの受信機に接続が可能である。

以下、各ユニット毎に説明する。

(1) 受信アンテナ

直径120 cm以下の市販受信アンテナは、すべてオフセット形のパラボラアンテナである。この理由は、小口径のセンターフィード形パラボラアンテナの1次放射器で生じるブロッキングの解消とサイドローブの軽減で開口効率を向上し、アンテナの小形化をはかるためである。

この場合、1次放射器による反射鏡面上への電界の照射分布の不均一を改善するため、 f/D を大きくし(0.47~0.57)反射鏡面を平板に近くしたり、副ホーンを付加するなどの工夫がされている。

また、円偏波受信に対する偏波損の改善として副モードホーンを採用したものや、簡単な構造で円偏波/直線偏波変換器が不用なヘリカル形1次放射器を用いたアンテナなどもある。

以上のような種々の工夫により、市販受信アンテナの開口面効率は、約65%程度に改善されている。このことは、従来の簡易形パラボラアンテナの開口面効率約50%と比較すると、オフセット形であるための

反射板面積の増加はあるものの効率改善効果が大きくアンテナ面積で約10%小形化されたことになる。

市販受信アンテナにはFRP材が多く使用されている。この理由は、オフセット形のような回転対称でない形状のものを自由に加工成形でき、鉄よりも強く、アルミよりも軽いことから、量産性に富み、寸法精度が高く、安価なアンテナが期待できることにある。

FRP材を用いたアンテナは、FRP表面にアルミ蒸着を施すか、アルミメッシュまたはアルミ箔がFRPでサンドイッチされている。また、金属部分をもたず、カーボン繊維の比抵抗差を利用した反射鏡もある。

(2) BSコンバーター

低雑音が要求されるBSコンバーターには、12 GHz帯のGaAs FET増幅器がミキサー前段に挿入されている。この前置増幅器の利得が高ければ、ミキサー以降の雑音指数は無視できるので、市販BSコンバーターの前置増幅器は、2段または、2段を1ブロックとした2ブロック(4石)で構成されている。

前置増幅器、ミキサーおよび局部発振器の各回路は、0.6~0.8 mm厚のテフロンガラス基板($\epsilon_r \approx 2.3$)によるMICを採用している。テフロン基板を用いている理由は、回路の低損失化および製作の容易性を考慮したためである。

通常、2段の低雑音増幅器は、初段を雑音整合、次段を利得整合として設計される。しかし、雑音整合インピーダンスと入力インピーダンス(複素共役インピーダンス)の違いによる入力VSWRの劣化を極力抑える目的で、準雑音整合の設計をしたものもある。

市販BSコンバーターの雑音指数は、メーカーによる回路構成、使用半導体の違いや、素子のばらつきなどを考えると、現在約2.4~3.2 dB程度と見てよい。

局部発振器には、GaAs FETと誘電体共振器を組み合わせた10 GHz帯直接発振方式が採用されている。

周囲温度の変化による発振周波数の変動は、使用する誘電体共振器のQ値および誘電率の温度係数によって決定される。現在、各社が使用している誘電体材料の特性は、無負荷Q値が5000~10000、誘電率の温度係数が数ppm/°C程度で、この材料を用いて局部発振器を構成すると、-30~+50°Cの温度範囲において±1 MHz以内の周波数安定度が得られる。

BSコンバーターの消費電力は約2.5~3.3 W程度である。

(3) BSチューナー

市販BSチューナーの回路構成は、使用する第2中間周波数によって2つの形式に分けられる。

現在、第2中間周波数は暫定的に134.26 MHzもしくは402.78 MHzの2つの周波数帯に決められているため、市販されているBSチューナーも、ほぼ同じ割合いで両者の周波数が使われている。

BSチューナーの入力からFM検波までの代表的な回路構成例を図5に示す。

第2中間周波数を130 MHz帯とした場合、衛星放送の受信帯域が300 MHzあるため、受信帯域の一部がイメージ周波数となる。そこで、イメージ妨害を避けるため、BSチューナーの入力部に可変BPF(約50 MHz帯域)を挿入したチューナー方式が使用されている。

チャンネル選択を行う第2中間周波数段のBPFは小形、量産に適し、帯域外減衰量と帯域内遅延特性の優れたSAWフィルターである。このSAWフィルターにより、隣接チャンネルの信号は、40 dB以上抑圧される。FM検波回路は、通常の複同調形FM検波器が多く使用されている。

一方、第2中間周波数を400 MHz帯とした場合、イメージ周波数は受信帯域外となるため、入力部には300 MHz帯域の固定BPFを挿入すればよい。

第2中間周波数段のBPFには、ヘリカル形のフィルターが多く使用されている。このフィルターは、ヘ

図5 代表的なBSチューナーの回路構成例

リカル共振器を3段結合したもので、隣々接妨害を避けるため、バッファアンプを介して2つ挿入するか、もしくはノッチフィルタと併用する方式がとられている。

FM 検波器には、スレッシュホールドレベルの改善をはかる目的で、PLL 形の検波方式が多く使われている。

この方式によると、従来のスタティックスレッシュホールドレベルを約4~5 dB 程度改善できる。しかし、カラーバー信号のような飽和レベルに近い信号では、変調諸元の関係から1~2 dB の改善しか望めない。これに関しては、新しい技術の開発が必要である。

PCM 音声復調回路の構成を図6に示す。図に示すように、映像・音声副搬送波分離回路により分離された5.73 MHz の4相PSK変調信号は、約帯域1 MHz のBPF、PSK復調器を通り、デジタル信号に再生される。PCM信号処理回路では、デスクランブル、デインターリーブ、エラー訂正、補正などが行われ、その後、D/A変換器でアナログ信号に変換される。

現在、これらの回路は国内数社によりICおよびLSI化されている。各社のIC/LSI構成には若干の設計思想の違いが見られるが⁸⁾⁹⁾、概略、4相PSK復調用に1個のIC、PCM信号処理回路用に2~4個のLSI、D/A変換用に2個のIC、および4KのスタティックRAMが、PCM音声復調回路として使用されている。

以上、市販されている衛星放送用受信機について、その現状を述べたが、主な構成および特性例を市販受信機のカatalogから抜粋し、まとめたものを表1に示す。

4.2 共聴用機器

BSコンバーターの第1中間周波数である1.3 GHz帯のFM信号をケーブル分配する共同受信システム

に使用される主な共聴機器には、分配器、分岐器、直列ユニット、増幅器、BS・UV分波混合器などがある。また、既存のUHF共同受信システムに、FM信号を、そのまま分配するためには、ダウンコンバーターおよびアップコンバーターなどの機器が必要である。

このような各種機器において特に重要な性能項目には、入出力VSWR、振幅および位相の周波数特性、増幅器の直線性がある。例えば、ケーブルで接続された各機器のVSWRが劣化すると、各機器間で反射波による振幅および位相ひずみが起こる。

このひずみを受けた信号は、DGおよびDPの劣化をはじめ、エネルギー拡散信号によるフリッカーを生じる。このため、反射波のDU比と妨害の検知限を主観評価によって求め¹⁰⁾、各機器の入出力VSWRが表2のように決められている。

また、各機器のVSWRは、使用するコネクタのVSWRも関係することから、第1中間周波数である1.3 GHzにおいて低VSWRのコネクタも開発されている(日本電子機械工業会技術基準RCZ-6015、高周波同軸C15形コネクタ)。

伝送系に用いる増幅器の非直線ひずみによる相互変調妨害は、加入者端子で検知限になるDU比31 dB以上の値とし、伝送チャンネルおよび増幅器接続段数による、それぞれの相互変調量が決められている⁷⁾。これを表3に示す。

UHF共同受信システムに衛星放送を伝送する場合、ダウンコンバーターおよびアップコンバーターが必要である。この場合、コンバーターに使用される局部発振器の周波数変動が重要となる。BSチューナーのAFC範囲を ± 2 MHzとしているため、BSコンバーターの周波数漂動と合せて、上記アップおよびダウンコンバーターの周波数漂動は、それぞれ ± 0.5 MHzとなっている。

図6 PCM 音声復調回路構成

表1 市販受信機の構成と特性例 (国内十数社のカタログから抜粋)

メーカー	機器と項目	アンテナ			BSコンバーター		BSチューナー			
		構造	材質	効率	前段構成	NF [dB]	第2IF	検波方式	第2BPF	RF再変調器
A	オフセット	FRP	アルミ蒸着	60%以上	FET 2段	2.5 標準 (2.4 ~ 2.6 dB)	402.78 MHz	複同調方式	ヘルカル形 (1段+ ノッチフィルター)	有
B	オフセット	アルミ板		65%以上 (ヘルカル形)	FET 2段	3.5 以下 (2.5 ~ 2.8 dB)	134.26 MHz (入力 チューナー)	複同調方式	SAW	有
C	オフセット	FRP	アルミメッシュ	65~70%	FET 2段 (15~16dB)	2.3~3.4	402.78 MHz	PLL方式	SAW	有
D	オフセット	アルミ板		65%	FET 2段 (2ブロック,4石)	2.5 標準	402.78 MHz	PLL方式	ヘリカル形 (3ポール,2段)	有 ○
E	オフセット	FRP	アルミ箔	70~76% (副ホーン)	FET 2段 (16dB)	2.5 標準	402.78 MHz	PLL方式	ヘリカル形 (3ポール,2段)	有 ○
F	オフセット	アルミ板		70~75% (副モード ホーン)	FET 2段	3.5~4.0	134.26 MHz (入力 チューナー)	複同調方式	SAW	有
G	オフセット	FRP	カーボンシート	65% (副ホーン)	FET 2段 (2ブロック,4石)	2.5~3.0	134.26 MHz (入力 チューナー)	複同調方式 (同軸線)	SAW	有 ○

○ ステレオ対応

表2 共聴機器の入出力 VSWR

周波数帯	機器	分配器 (2,4分配)	分岐器 (1,2,4分岐)	直列ユニット	BS-IF増幅器	ダウン コンバーター	アップ コンバーター
VHF		1.8以下 (1.6)	1.8以下 (1.6)	1.8以下 (1.6)	2.5以下 (1035~1335MHz)	2.5以下 (入力 1035~1335MHz) (出力 470~765.52)	2.5以下 (入力 470~765.52MHz) (出力 1035.98~1331.5)
UHF		1.8以下 (1.6)	1.8以下 (1.6)	1.8以下 (1.6)			
BS-IF		2.0以下 (1.8)	1.8以下 (1.8)	2.0以下 (1.8)			

() 望ましい性能値, 入出力インピーダンス 75Ω

表3 増幅器の相互変調

	伝送チャンネル数	
	8	4
壁面端子において (チャンネル当り)	31.0 dB 以上	31.0 dB 以上
増幅器単体 (2信号法)	49.0 dB 以上	40.5 dB 以上
増幅器単体 (2段接続用)	55.0 dB 以上	46.5 dB 以上
増幅器単体 (3段接続用)	58.5 dB 以上	50.0 dB 以上
増幅器単体 (4段接続用)	61.0 dB 以上	52.5 dB 以上

以上、共聴機器の主な点について述べたが、各機器の性能および規格についての詳細は、文献7)を参照されたい。

5. む す び

衛星放送につき、受信サイドからみた概要と市販受信機の現状を紹介した。

当初からの大きな課題であった低雑音特性についても、マイクロ波 FET の進歩によって実用上十分な性能が実現している。また種々の計画検討において 55% と仮定していたアンテナ効率も 65% 前後に向上していて、1 m 以下の直径でも良好な受信状態が確保できるようになっている。

家庭用受信機は 10 社を越えるメーカーから市販されている。その性能の詳細は今後の調査を待つ必要があるが、実用上ほぼ満足できる性能が得られていると考えられる。価格は現時点では割高となっているが、衛星放送の普及につれ、いっそうの低価格化が図られるものと期待する。

(昭和 59 年 6 月 12 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 平田, 渡辺: “衛星放送受信機”, テレビ誌, 38, 3, pp.198-206 (Mar., 1984)
- 2) 福地, 古津, 伊藤, 村上: “降雨減衰と電波伝搬”, テレビ誌, 36, 4, pp.294-300 (Apr., 1982)
- 3) 衛星放送受信技術調査会: “調査会報告書—衛星放送受信機(その1 目標定格)”, 電波技術協会 (June, 1983)
- 4) 衛星放送受信技術調査会: “調査会報告書—衛星放送受信機(その2 望ましい性能)”, 電波技術協会 (Sep., 1983)
- 5) 衛星放送受信技術調査会: “調査会報告書—衛星放送受信機(その3 試験方法)”, 電波技術協会 (Sep., 1983)
- 6) NHK 編: “衛星放送の受信入門”, 日本放送出版協会

- (1959)
- 7) 衛星放送 CATV 技術調査会: “衛星放送 CATV 技術調査会報告書 (衛星放送 CATV 技術 Part 1)”, 電波技術協会 (Feb., 1984)
- 8) 笠木, 長尾, 北川, 大野, 平田: “衛星放送受信機用音声信号処理回路 IC の開発”, テレビ学技報, RE 83-39, pp.1-6 (Oct., 1983)
- 9) 根津, 原田, 福井: “衛星放送用 PCM 音声復調 IC”, テレビ学技報, TEBS 97-2, pp.7-12 (June, 1984)
- 10) 宮沢, 田村, 近江, 須崎: “衛星放送受信信号の有線伝送における反射の影響”, テレビ学技報, RE 83-42, pp.19-24 (Oct., 1983)

電気学会大学講座

光と画像の基礎工学

社団法人電気学会編

金出武雄, 栗田正一, 坂出利之,

高梨裕文, 山口昌一郎 著

半導体素子を中心とした電子デバイスやコンピューター技術の発展に伴い, 光学画像処理技術も着実な進歩をとげている。

本書は, 電気学会大学講座シリーズの1編をなすもので, 光エレクトロニクス理論→光機能素子→画像処理システムを統一して理解するためのニューメディア時代における学生, 技術者必読の入門書, と銘打たれている。

光物性, 光電変換素子, 画像処理の分野をそれぞれ単体で取り上げた本はかなり見受けられるが, これらに関連づけて統一的にまとめた本はめずらしい。

新たに光学情報処理に取り組もうという人にとっては格好の入門書と言えるだろう。

内容は, 第1編と第2編に分かれ, 第1編が「光エレクトロニクス」, 第2編が「画像処理の基礎」となっている。

第1編は, 1章の「光波の基本的性質」に始まり, 2章「光放射」, 3章「光波の伝搬」, 4章「光による物質の応答」, 5章「光機能素子」, 6章「光学情報処理」, 7章「光と色の表示」と続く。

第2編は, 8章の「画像情報理論」, 9章の「画像処理技術」, 10章の「画像処理システム」, 11章の「シーンの認識と理解」によって構成されている。

全編にわたり基礎的なことが系統だてて述べられており, 非常にわかり易い点が読者にとってありがたい。

本書は, 光学的な基礎理論から画像処理システムに至るまで広範囲の分野を取り上げているが, どちらかというと第1編の光エレクトロニクスに関して詳しい記述がなされ, 画像処理はごく基本的な部分に絞られている。

しかし, 光は単に画像処理のものだけでなく, 画像工学全体の基盤となる物理現象であることを考えると当然かとも思える。

なお, 画像処理を本格的に始める人にとっても, 絶好の入門書と言える。

紹介 佐藤和弘 (日立)

オーム社刊 (昭和59年4月発行), A5判, 定価3,400円